Royaume du Maroc
Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès

ـة المغربيـة
سيدي محمد بن عبدالله
ـة الوطنية للعلوم التطبيقية بفاس

Exercices de Magnéostatique

Exercice I :Champ magnétique créé par une spire circulaire au son axe

Une spire circulaire de rayon R et de centre O est parcourue par un courant I constant (figure 1). Soit (Ox) l'axe perpendiculaire à la spire passant par O.

1. Exprimer le champ magnétique $\vec{B}(x)$ créé par ce courant I en en tout point M d'abscisse $x(OM = x)$ situé sur l'axe de la spire, et déduire le champ magnétique $\vec{B}(O)$ au centre de la spire.
2. Exprimer champ magnétique $\vec{B}(x)$ créé par une bobine plate contenant N spires identiques

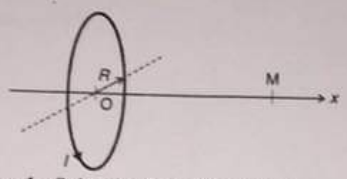


Figure 1 : Spire circulaire parcourue par un courant d'intensité I

Exercice II : Champ magnétique créé par une spire circulaire au son plan

Une spire circulaire de rayon R et de centre O appartenant au plan (Oxy) est parcourue par un courant I constant (figure 3). Calculer le champ magnétique créé en tout point M d'abscisse x de l'axe Où M est très éloigné de la spire x□ R

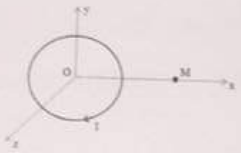


Figure 2 : Spire circulaire dans le plan (Oxy) parcourue par un courant d'intensité I

Exercice III :Champ magnétique créé par un solénoïde

Un solénoïde est une bobine longue constituée d'un fil conducteur enroulé sur un cylindre isolant. La bobine comporte alors N spires identiques, jointives, réparties régulièrement sur une longueur L. Le nombre de spires par unité de longueur s'écrit $n = \frac{N}{L}$, On désigne par R le rayon du cylindre et $(z'z)$ son axe de symétrie.

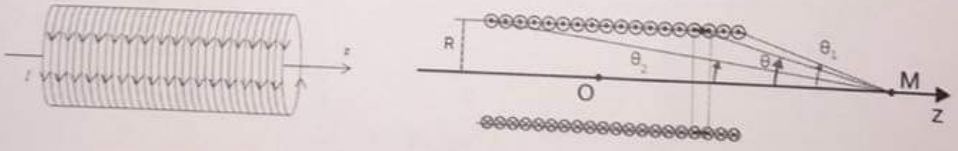


Figure 3 : Un solénoïde

1. Exprimer le champ magnétique $\vec{B}(z)$ créé par ce courant I en en tout point M d'abscisse $z(OM = z)$ situé sur l'axe du solénoïde.
2. Calculer le champ en O le centre de la spire et aux centres des faces du solénoïde

Route d'Imouzzer,Fès, BP 72Tél :0535600403: الهاتف www.ensaf.ac.ma Fax : 0535600386: طريقامـوزار - فـاسـصب72الفاكس

Royaume du Maroc
Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès

المملكـــة المغربيـــة
جامعة سيدي محمد بن عبدالله
المدرسة الوطنية للعلوم التطبيقية بفـاس

Exercice I

Un fil rectiligne infini est modélisé par un tube de courant d'axe (Oz) et de rayon a, parcouru par le courant volumique uniforme de densité $\vec{j} = j\vec{e}_z$, figure 1.

1) Montrer que le champ $\vec{B}(M)$ en un point M situé de la distance r à l'axe du cylindre ne dépend que de r.
2) Montrer que les lignes de champ $\vec{B}(M)$ sont des cercles de rayon r concentrés sur l'axe (Oz).
3) Calculer le champ magnétique $\vec{B}(M)$.

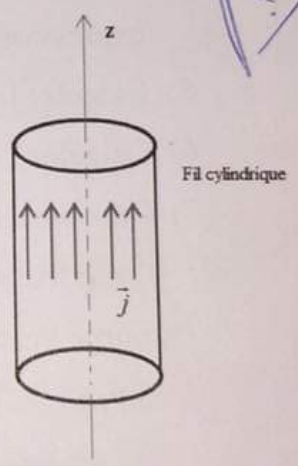


Figure 1

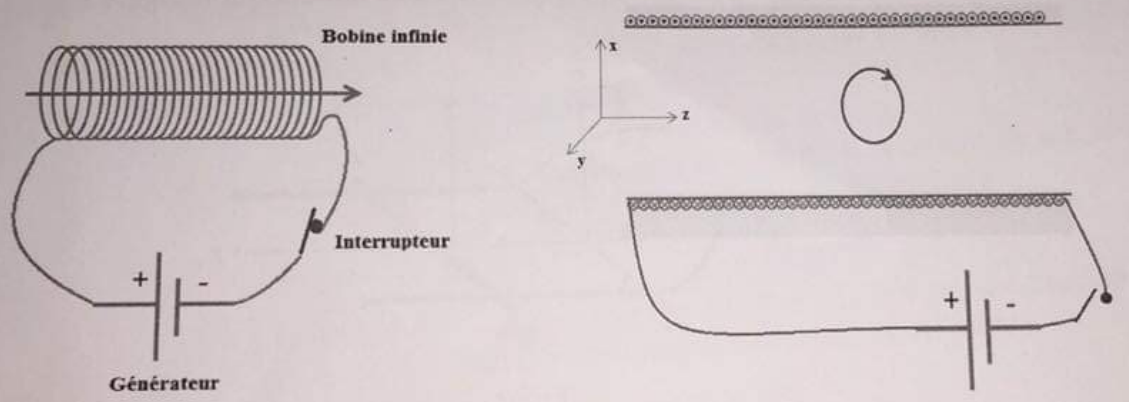
Exercice II

Soit une bobine infinie (sa longueur L est plus de son rayon $L \square R$) et constitué ...

Figure 1

Exercice II

Soit unebobine infinie (sa longueur L est plus de son rayon $L \square R$), et constituée de spires jointives, à raison de n spires par unité de longueur, et parcourue par un courant I (figure 2, a).



a b

Figure 2

1) Montrer que le champ $\vec{B}(M)$ en un point M situé de la distance r à l'axe du cylindre ne dépend que de r.

2) Montrer que le champ $\vec{B}(M)$ en un point M situé de la distance r à l'axe du cylindre est parallèle à l'axe (oz) du solénoïde.

3) Montrer que le champ $\vec{B}(M)$ à l'extérieur du solénoïde est nul.

4) Montrer que le champ $\vec{B}(M)$ à l'intérieur du solénoïde est constant et déterminer son expression.

5) Calculer l'inductance propre de ce solénoïde.

6) Calculer l'énergie magnétique de solénoïde.

7) On ouvre le circuit et en plaçant une spire de rayon r parcourue par un courant i à l'intérieur de la bobine infinie (figure 2, b), ensuite on ferme le circuit. La spire interne tourne vers une position d'équilibre.

a) Par application de la règle de flux maximal, déterminer l'angle de rotation et l'axe de rotation de la spire.

b) Calculer le travail des forces magnétiques qui agissent au cours de la rotation de cette spire en utilisant le théorème de Maxwell.

Exercice III

Un conducteur filiforme AB repose sur deux rails conducteurs parallèles séparés d'une

travail des forces magnétiques qui agissent au cours de la rotation de cette spire en utilisant le théorème de Maxwell.

Exercice III

Un conducteur filiforme AB repose sur deux rails conducteurs parallèles séparés d'une distance a et alimentés de sorte qu'un courant I traverse l'ensemble du circuit. L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ comme indiqué sur la figure 3.

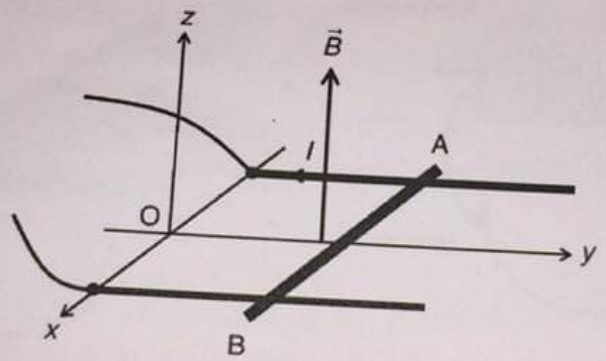


Figure 3

1) Donner les caractéristiques de la force de Laplace $\vec{F}$ qui agit sur AB.

En appliquant le théorème de Maxwell, déterminer le travail de la force magnétique au cours d'un déplacement Δy de AB. Retrouver la force $\vec{F}$ à partir de cette expression.

TD- Magnétostatique

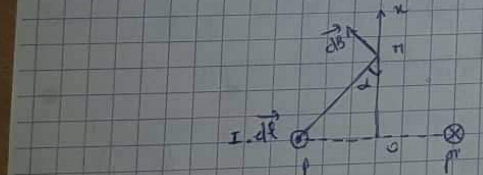
Exercice 1 :

Une sphère circulaire de rayon R et de centre O est parcourue par un courant I constant. Soit (Ox) l'axe perpendiculaire à la spire passant par O.

1. Le champ magnétique créé par le courant I parcourant la spire : pour $x \geq 0$ $\vec{B}(M)$ en M(x)

l'axe (Ox) est un axe de symétrie de courants par courant la (Sphy) spire dans le $\vec{B}(\Pi)$ en M de l'axe (Ox) est porté par l'axe (Ox), $\vec{B}(\Pi) = B(x)\,\vec{i}$. On calcule B_x

- On considère un petit élément élémentaire de la sphère $\vec{dl}$. $\vec{dl}$ crée un champ élémentaire $\vec{dB}$



$$dB_x = \vec{dB}.\vec{i} = dB.\cos\beta = \frac{\mu_0 I\,dl}{4\pi PM^2}.\cos\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right) = \frac{\mu_0 . I . R.d\theta}{4\pi PM^2}\sin\alpha.$$

$$PM = \sqrt{x^2+R^2},\quad \sin\alpha = \frac{R}{PM}$$

$$B_x = \frac{\mu_0 I.R}{4\pi PM^2}.\sin\alpha.\int_0^{2\pi} d\theta = \frac{\mu_0 . I.R}{4\pi . PM^2}.2\pi.\sin\alpha$$

$$B_x = \frac{\mu_0 IR}{2PM^2}\sin\alpha$$

$$B_x = \frac{\mu_0 I}{2R}.\frac{R^2}{PM^2}.\sin\alpha = \frac{\mu_0 I}{2R}.\sin^2\alpha\,\sin\alpha$$

$$B_x = \frac{\mu_0 I}{2R}\sin^3\alpha$$

$$B_x = \frac{\mu_0 I}{2R}.\frac{R^3}{\left(\sqrt{x^2+R^2}\right)^3} = \frac{\mu_0 I R^2}{2}\times\frac{1}{(x^2+R^2)^{3/2}}$$

$$\vec{B}(M) = B_x.\vec{i}$$

$$\vec{B}(O) = \frac{\mu_0 I}{2R}R^2.(R^2)^{-3/2}$$

$$\vec{B}(O) = \frac{\mu_0 I}{2R}\vec{i}$$

$$dB = \left\|\frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{\vec{dl}\wedge\vec{PM}}{PM^3}\right\| = \left\|\frac{\mu_0 I}{4\pi}\right\|.\left\|\vec{dl}\wedge\vec{PM}\right\| = \left\|\frac{\mu_0 I}{4\pi}\right\|.\|\vec{dl}\|.\|\vec{PM}\|.\sin(\cdots)$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{-dR.PM}{PM^3}\sin\frac{\pi}{2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{-dP}{PM^2}.\sin\frac{\pi}{2}$$

1- le champ magnétique Crée par une bobine plate Contenant N spires Identique

• le Bobine plate Contenant N spires, Selon le principe de la super position pour le champ magnétique le champ Crée par N spire est la somme des champs créés par les spires constituants la bobine plate.

$$\overrightarrow{B(M)} = \frac{N\mu_0 I}{2R} \sin^3\alpha \cdot \vec{i}$$

N nombre de spire.

Exercice3:

• $\overrightarrow{B(M)}$ Crée par la bobine en M à l'extérieur de la bobine et pon altitude $z > 0$

la bobine contenant N spire

$n = \frac{N}{L}$ (le nombre de spires par unité de longueur)

→ Ch Considère un petit élément dl de la longueur de la spire.

dl Crée un champ magnétique élémentaire $d(\overrightarrow{B(M)})$

Expression de $d(\overrightarrow{B(M)}) = ?$

dl Contenant $N' = n \cdot dl$ Spire, donc

$$d\overrightarrow{B(M)} = \frac{N\mu_0 I}{2R} \sin^3\alpha \vec{e_y} \iff$$ Si le champ créé par une seule spire

$$d\overrightarrow{B(M)} = \frac{n\mu_0 I dl}{2R} \sin^3\alpha \vec{e_y} \iff d\overrightarrow{B(M)} = \frac{n \cdot \mu_0 I \cdot dl}{2R} \sin^3\alpha.$$

dl?

Dans le triangle HPM rechangle en H.

$$\tan\theta = \frac{HP}{HM} = \frac{R}{z - l}$$

$$\Rightarrow z - l = \frac{R}{\tan\theta}$$

$$\Rightarrow l = z - \frac{R}{\tan\theta}$$

$$\frac{dl}{d\theta} = 0 - R\left(\frac{1}{\tan\theta}\right)'$$

$$\left(\frac{1}{\tan\theta}\right)' = \left(\frac{\cos\theta}{\sin\theta}\right)' = \frac{-\sin^2\theta - \cos^2\theta}{\sin^2\theta} = \frac{-1}{\sin^2\theta}$$

$$\frac{dl}{d\theta} = 0 - \frac{R}{\sin^2\theta}$$

$$= \frac{+R}{\sin^2\theta}$$

$$dl = \frac{R}{\sin^2\theta} \cdot d\theta$$

$$l = \int \frac{R}{\sin^2\theta} d\theta$$

$$d\theta = \frac{n\mu_0 I \, d\vec{l} \wedge \vec{e_r}}{4\pi R}$$

$$= \frac{n\mu_0 I}{4\pi R} \cdot \frac{R}{\sin^2\theta} \cdot d\theta \cdot \sin\theta$$

$$= \frac{n\mu_0 I}{2} \cdot \sin\theta \cdot d\theta$$

- $\vec{B}(M)$ pour M à l'extérieur $z < 0$, dans ce cas on utilisent la propriété de symétrie. le Plan (Π_s) passant par O et perpendiculaire sur l'axe (OZ) est un plan de symétrie.

On considère $M(z)$ et $M'(z)$ deux points sont symétrique s. géométriquement par rapport au plan (Π_s)

$$\vec{B}(M) = \vec{B}(M')$$

$$= \frac{\mu_0 I n}{2} (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) \vec{e_y}$$

- M à l'intérieur $-\frac{L}{2} \leq z \leq \frac{L}{2}$

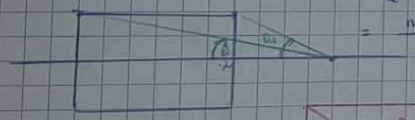
$$B(M) = \frac{\mu_0 I n}{2} (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$$

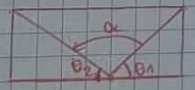
$$B(M) = \frac{\mu_0 I n_0}{2} \int_{\theta_2}^{\theta_1} \sin\theta \, d\theta = -\frac{n_0 \mu_0 I}{2} (\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2))$$

$$= \frac{n_0 \mu_0 I}{2} (\cos(\theta_2) - \cos(\theta_1))$$

$$= \frac{n_0 \mu_0 I}{2} (\cos(\theta_2) - \cos(\pi - \theta_1))$$

$$= \frac{n \mu_0 I}{2} (\cos(\theta_1) + \cos(\theta_2))$$

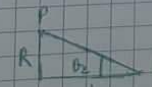




$$\vec{B}(O_1) = \frac{\mu_0 I n}{2} (\cos\theta_2 + \cos\theta_1) \vec{e_y} \quad z(\theta_1) = \frac{L}{2}$$

en O_1, $\theta_1 = \frac{\pi}{2}$, or

$$\vec{B}(O_1) = \frac{\mu_0 I n}{2} \cos\theta_2 \vec{e_y}$$



$$\vec{B}(O_1) = \frac{\mu_0 I n}{2} \cdot \frac{L}{\sqrt{R^2 + L^2}} \vec{e_y}$$

- $\vec{B}(O_2) = \frac{\mu_0 I n}{2} (\cos\theta_2 + \cos\theta_1) \vec{e_y}$

en θ_2, $\theta_2 = \frac{-\pi}{2}$

$$\vec{B}(\theta_2) = \frac{\mu_0 I n}{2} \cos\theta_1 \vec{e_y}$$

$$\vec{B}(\theta_2) = \frac{\mu_0 n I}{2} \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{R^2 + L^2}}\right) \vec{e_y}$$

- En O où $\theta_1 = \theta_2$

$$\vec{B}(O) = \frac{\mu_0 I n}{2} (\cos\theta_2 + \cos(\theta_2)) \vec{e_y}$$

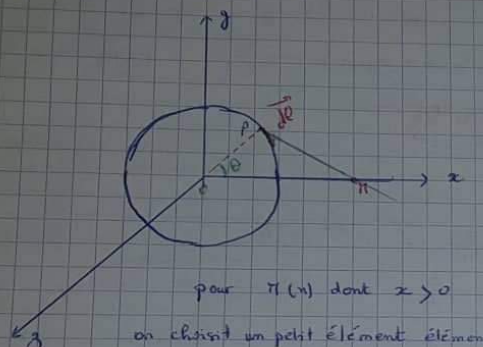
$$= \frac{\mu_0 n I}{2} \cdot 2 \cdot \cos\theta_2 \cdot \vec{e_y}$$

$$\cos\theta_2 = \frac{\frac{L}{2}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}}$$

$$= \frac{L}{2\sqrt{R^2 + \frac{L^2}{4}}} = \frac{L}{\sqrt{4R^2 + L^2}} =$$

$$\vec{B}(O) = \frac{2 \mu_0 I n L}{\sqrt{L^2 + 4R^2}} \vec{e_y}$$

Exercice 2 :



pour M(x) dont $x > 0$

on choisit un petit élément élémentaire $\vec{dl}$ de la spire

$\vec{dl}$ crée un champ $\vec{dB}(M)$ élémentaire, son expression et donnée par la loi de Biot et Savart, son expression :

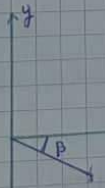
$$\vec{dB} = \frac{\mu_0 I \; \vec{dl} \wedge \vec{PM}}{4\pi PM^3}$$

On exprime $\vec{dl}$ et $\vec{PM}$ dans la base $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$

$$\vec{dl} = dl \cdot \cos(\beta)\,\vec{i} - dl \sin(\beta)\,\vec{j}$$

$$\vec{dl} = dl \cdot \sin(\theta)\,\vec{i} - dl \cos(\theta)\,\vec{j}$$

(Car $\beta = \frac{\pi}{2} - \theta$)



$$\vec{PM} = \vec{PO} + \vec{OM}$$

$$\vec{PM} = (x - R\cos\theta)$$

$$\vec{dl} \wedge \vec{PM} = \begin{pmatrix} dl\sin\theta \\ -dl\cos\theta \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} x - R\cos\theta \\ -R\sin\theta \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{dl} \wedge \vec{PM} = \begin{vmatrix} dl\sin\theta \\ dl\cos\theta \\ 0 \end{vmatrix} \wedge \begin{pmatrix} x - R\cos\theta \\ -R\sin\theta \\ 0 \end{pmatrix} (\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$$

$$= \left[-dl\,R\sin^2\theta + dl\cos\theta\,(x - R\cos\theta) \right] \cdot \vec{k}$$

$$= \left[-dl\,R\sin^2\theta + dl\cos\theta\,x - Rdl\cos^2\theta \right] \cdot \vec{k}$$

$$= \left[-dl\,R + x\,dl\cos\theta \right] \vec{k}$$

$$\vec{dl} \wedge \vec{PM} = dl\left((x\cos\theta) - R \right) \vec{k}$$

$$PM^3 = \sqrt{(x - R\cos\theta)^2 + R^2\sin^2\theta}^{\,3}$$

$$= \left((x^2 - 2xR\cos\theta + R^2\cos^2\theta) + R^2\sin^2\theta \right)^{3/2}$$

$$PM^3 = (x^2 - 2xR\cos\theta + R^2)^{3/2}$$

$$\frac{d\vec{B}(\vec{M})}{dt} = \frac{\mu_0 I\, dl\,(x\cos\theta - R)}{4\pi (x^2 - 2xR\cos\theta + R^2)^{3/2}} \vec{k}$$

$$dB = \frac{\mu_0 I\, dl\,(x\cos\theta - R)}{4\pi (x^2 - 2xR\cos\theta + R^2)^{3/2}}$$

$dl = R\,d\theta$, $x \gg R \Rightarrow \frac{R}{x} \to 0$

On simplifie l'expression.

$$(x^2 - 2xR\sin\theta + R^2)^{-3/2} = \left(x^2\left(1 + \frac{R^2}{x^2} - \frac{2R}{x}\cos\theta\right)\right)^{-3/2}$$

$$= x^{-3}\left(1 + \frac{R^2}{x^2} - \frac{2R}{x}\cos\theta\right)^{-3/2}$$

on pose $\frac{R}{x} = X$

$$= x^{-3}\left(1 + X^2 - 2X\cos\theta\right)^{-3/2}$$

$$g(X) = \left(1 + X^2 - 2X\cos\theta\right)^{-3/2}$$

On utilise le developpement limité à l'ordre 1 de $g(x)$

$$(1+\alpha)^{\alpha} = 1 + \alpha x \qquad (x \to 0)$$

$$g(x) \approx 1 - \frac{3}{2}(x^2 - 2x\cos\theta)$$

$$g(x) \approx 1 - 3/2\, x^2 - 3x\cos\theta.$$

$$g(x) \approx 1 + 3x\cos\theta$$

Alors : $\left(1 + \frac{R^2}{x^2} - \frac{2R}{x}\cos\theta\right)^{-3/2} \approx 1 + 3\cdot\frac{R}{x}\cos\theta$

Alors $dB(M) = \frac{\mu_0 I R}{4\pi}(x\cos\theta - R)\cdot x^{-3}\left(1 + \frac{3R}{x}\cos\theta\right)$

$$d(B(M)) = \frac{\mu_0 I\, dl}{4\pi x^3}\left(x\cos\theta - R) + 3\frac{R^2}{x}\cos\theta + 3R\cos^2\theta\right)$$

$$= \frac{\mu_0 I R}{4\pi x^3}\cdot\left[\left(x - 3\cdot\frac{R^2}{x}\right)\cos\theta + R\left(3\cos^2\theta - 1\right)\right]d\theta$$

$$B(M) = \frac{\mu_0 I R}{4\pi x^3}\cdot\left[\left(x - 3\frac{R^2}{x}\right)\int_0^{2\pi}\cos\theta\, d\theta + 3R\int_0^{2\pi}\cos^2\theta\, d\theta - R\int_0^{2\pi} d\theta\right]$$

$$\cos(2\theta) = \cos^2(\theta) - \sin^2(\theta) = 2\cos^2(\theta) - 1$$

$$\Longrightarrow \cos^2(\theta) = \frac{\cos(2\theta)+1}{2}$$

$$B(M) = \frac{\mu_0 I R}{4\pi x^3}\cdot\left[0 - 2\pi R + \frac{3R}{2}\int_0^{2\pi}(\cos(2\theta)+1)\, d\theta\right]$$

$$= \frac{\mu_0 I R}{4\pi}\cdot\left[2\pi R + \frac{3R}{2}\cdot 2\pi\right]$$

$$= \frac{\mu_0 I R}{4\pi x^3}\cdot\left[\pi\cdot R\right]$$

$$\overrightarrow{B(M)} = \frac{\mu_0 I R^2}{4x^3}$$

Alors $\overrightarrow{B(M)} = \frac{\mu_0 I R^2}{4x^3}\vec{k}$

Exercice 1 :

1) le fils infini présente une symétrie cylindrique, donc le système des coordonnées cylindrique $(O, \vec{e_r}, \vec{e_\theta}, \vec{e_z})$ qui le convient.

– le courant qui circule dans le fils infini présente une invariance ~~de rotation~~ selon d'axe (Oz) et invariance de rotation selon l'angle (θ)

Alors $\vec{B}(M)$ ne dépend que de $r(B(r))$

2) Le plan contenant l'axe (Oz) et passant par le pt est un plan de symétrie (Π). $(M, \vec{e_r}, \vec{e_z})$

Alors : $\overrightarrow{B(M)}$ est perpendiculaire sur le plan Π s :

Par conséquent $\vec{B}(M) = B(r)\,\vec{e_\theta}$

Alors les ligne de champs sont des cercles concentrés sur l'axe (Oz)

3) On utilise la théorème d'ampère pour calculer $B(r)$

On choisit le contour le cercle de rayon $HM = r$

H C'est le projeté de M sur (Oz)

$\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0\cdot\Sigma I$ traversant du surface

$\Rightarrow \oint \vec{B}(r)\cdot\vec{e_\theta}\cdot r\, d\theta\, e_\theta = \mu_0 I$

$\Rightarrow B(r)\cdot 2\pi r = \mu_0 I$

$I = \iint \vec{j}\cdot\vec{ds} = j \qquad \iint \overrightarrow{B(M)} = \frac{\mu_0 j r}{2}\vec{e_\theta}$

extérieurs du cylindre Γ sa

$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0.i$

$B.2\pi R = \mu_0.i = \mu_0.I.a^2.\vec{u}$

$B = \frac{\mu_0 \oint a^2}{2\pi}$ / $B(\Pi) = \frac{\mu_0 j a^2 \vec{e_\theta}}{2u}$

$I = \iint j.\vec{ds}$

$= j \iint ds$

$= j\pi a^2$

Exercice 2 :

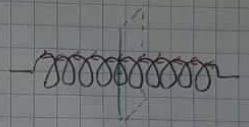
1) $\vec{B(\Pi)} = B(r).\vec{e_\theta}$

La densité du courant par courant la bobine a une symétrie cylindrique donc le Système des coordonnées Cylindrique qui le convient $(\vec{e_r}.\vec{e_\theta}.\vec{e_z})$

- l'axe de la bobine étant l'axe (e_z)

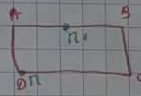
- La densité du courant circulant dans la bobine présente une invariance suivant l'axe (oz) et une invariance par rotation suivant l'angle θ par conséquence $\vec{B}(\Pi)$ ne dépend que de r

2) Le plan contenant le point Π est perpendiculaire sur l'axe (oz) est plan de Symétrie, la densité du courant par courant dans la bobine, donc $\vec{B(\Pi)}$ est perpendiculaire Sur ce plan alors $\vec{B(\Pi)} // \vec{e_z}$ bobine infinie.



$O_z \perp (\pi_s)$
$\vec{B(\Pi)} \perp (\pi_s)$ $\Rightarrow$ $\vec{B(\Pi)} // (oz)$

3)



M est très loin de la bobine $B(\Pi') = \vec{0}$

Π au voisinage de la surface de la bobine

En utilisant le Théorème d'Ampère le Théorème d'ampère on choisie ABCD comme le contour

$\oint_{ABCD} \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 I_{traversant\ ABCD} = 0$

$\int_A^B \vec{B}.\vec{dl} + \int_B^C \vec{B}.\vec{dl} + \int_C^D \vec{B}.\vec{dl} + \int_D^A \vec{B}.\vec{dl} = 0$

$-B(\Pi').A + 0 + 0 + \vec{B(\Pi)}.\vec{CD} = 0$
$B(\Pi) = 0$

$\left\{ \begin{array}{l} \vec{B}(M) = B(M) \\ \vec{dl} = \cos\alpha \end{array} \right\}$

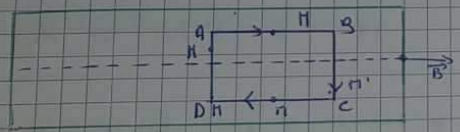
3) $\oint_{CD}^{D} \vec{B}(M) \cdot dl = \int_{C}^{D} B(M) \cdot dl = B(M) \cdot CD$

$\int_{D}^{A} \vec{B} \cdot \vec{dl} \quad 0$

$\Longrightarrow B(M) \cdot CD = 0 \Longrightarrow B(M) = 0$

Donc le champ à l'extérieur de la bobine est nulle

4) On choisit un contour d'une forme rectangulaire complètement à l'intérieur de la bobine et parallèle avec (Oz)



$\oint_{A}^{D} \vec{B} \cdot \vec{dl} = 0$

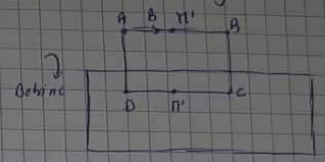
$\int_{A}^{B} (\vec{B}(M) \cdot \vec{dl}) + \int_{B}^{C} \vec{B} \cdot \vec{dl} + \int_{C}^{D} \vec{B} \cdot dl = \vec{0}$

$-B(M) \cdot AB + B(M) \cdot CD = 0 = 0$

$B'(M) = B(M)$, alors le champ magnétique à l'intérieur est constant.

• L'expression du champ à l'intérieur

$\Longrightarrow$ On choisit un rectangle l'une des longueurs.



Nombre de spire dans la longueur AB

$n = \frac{N'}{AB}$

$N' = n \cdot AB$

$\oint_{ABCD} \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 I$ traversants ABCD

$= \mu_0 N \cdot I$

$= \mu_0 \cdot n \cdot AB \cdot I$

$\int_{ABCD} \vec{B} \cdot \vec{dl} = \int_{A}^{B} \vec{B} \cdot \vec{dl} + \int_{B}^{C} \vec{B} \cdot \vec{dl} + \int_{C}^{D} \vec{B} \cdot \vec{dl} + \int_{D}^{A} \vec{B} \cdot \vec{dl}$

$= \mu_0 I n AB$

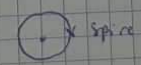
$0 + 0 + B(M) \cdot CD + 0 = \mu_0 I n AB$

$B(M) = \mu_0 I n$

$\vec{B}(M) = -\mu_0 I n \vec{e_z}$ $\qquad \Phi_T = N \Phi_1$

5) $L = \frac{\Phi_P}{I} = ?$

$\Phi_P = N \Phi_1$ (Φ_1 : le flux à traverser une seule spire)



$\Phi_1 = \vec{B} \cdot \vec{S}$

$\vec{S} = S \cdot \vec{n}$

$\Phi_1 = \vec{B} \cdot S \cdot \vec{n}$

$\Phi_1 = \mu_0 I n \vec{e_z} \cdot S(-\vec{e_z})$

$= +\mu_0 I n S$

$\Phi_p = N \mu_0 I n S$

$\Phi_p = n^2 l \mu_0 I S$ avec $N = n.l$

$= n^2 l \pi \mu_0 I R^2$ (l : la longueur de la bobine)

c) $W_m = \frac{1}{2} L . I^2 = \frac{1}{2} n^2 l \pi \mu_0 R^2 I^2$

d) a Selon la regle du flux maximale la Spire cherche une position où $\vec{n}$ et $\vec{B}$ ($d\vec{S} = dS . \vec{n}$) sont // et ont le même sens

b) $W = I (\Phi_{final} - \Phi_{initial})$

$= I (B . dS \cos 0 - B . dS \cos \frac{\pi}{2})$

$= I B . S = I^2 \mu_0 n \pi R^2$.